Agriculture and Agri-Food Canada
Agriculture et Agroalimentaire Canada

An Economic Analysis of a Major Bi-fuel Program Undertaken by OECD Countries

Canada

102-03248/

AN ECONOMIC ANALYSIS OF A MAJOR BIO-FUEL PROGRAM UNDERTAKEN BY OECD COUNTRIES

Agriculture and Agri-Food Canada

January 2002

AN ECONOMIC ANALYSIS OF A MAJOR BIO-FUEL PROGRAM UNDERTAKEN BY OECD COUNTRIES

January 2002

Research and Analysis Directorate
Strategic Policy Branch
Agriculture and Agri-Food Canada

Any policy views, whether explicitly stated, inferred or interpreted from the contents of this publication, should not be represented as reflecting the views of Agriculture and Agri-Food Canada.

To obtain additional copies, contact:

Knowledge Dissemination Unit
Research and Analysis Directorate
Strategic Policy Branch
Agriculture and Agri-Food Canada
Building 74, C.E.F.
Ottawa, Ontario K1A 0C6
Tel: (613) 759-1865
Fax: (613) 759-7090
E-mail: ippdist@em.agr.ca

Electronic versions of R&A publications are available on the Internet at *www.agr.ca/policy/epad*

Publication 2105/B
ISBN 0-662-66254-7
Catalogue A22-240/2001
Project 01-133-r

Aussi disponible en français sous le titre de :
ANALYSE ÉCONOMIQUE D'UN IMPORTANT PROGRAMME DE PRODUCTION DE BIOCARBURANTS MIS EN OEUVRE DANS LES PAYS DE L'OCDE

Table of Contents

Executive Summary v

Introduction 1

Background 3

Scenario Development 5

Results 9

Conclusions 13

Bibliography 15

List of Figures

Figure 1: Shares of Gasoline and Diesel Use in the Transportation Sector, OECD Country Average, 1996-1999 3

Figure 2: Projected OECD Diesel and Gasoline Fuel Consumption (for transportation) 5

Figure 3: Scenario Price Impact 10

Figure 4: Impact of the Bio-fuel Scenario on the United States Soybean Crushing Margin 11

Appendix

Table 1: Combined Gasoline and Diesel Used by the Transportation Sectors of OECD Countries A-1

Table 2: OECD Additional Bio-fuel Production A-2

Table 3: Additional Bio-fuel Production, United-States A-2

Table 4: Additional Bio-fuel Production, Canada A-3

Table 5: Additional Bio-fuel Production, European Union A-3

Table 6: Additional Bio-fuel Production, Other OECD Countries A-4

Executive Summary

Prices of agricultural commodities expressed in real terms have been declining for decades. One factor contributing to the decline has been the replacement of agricultural commodities by non-agricultural commodities in many non-food uses. If through life science initiatives, economic uses of agricultural resources can be expanded, the decline in real prices could, in principle, be stemmed. At this point in time, bio-fuels (ethanol and bio-diesel) offer the best possibilities of creating a sufficiently large new demand for agricultural output and/or agricultural land to have an impact on world prices. But Canada is only one country in the world commodity markets. This analysis shows that for bio-fuels to have a significant impact on price of grains and oilseeds, the participation of other large countries with large populations and large demand potential is necessary.

The objective of the analysis is therefore to quantify the potential impact on grain and oilseed prices of a major bio-fuel program initiated by OECD countries over the 1999 through 2006 period. By incrementally raising bio-fuel production each year by one percent of the level of fossil fuel used by the transportation sector, we create a new demand for grains and vegetable oils. By the final year (2006), total bio-fuel production corresponds to eight percent of the fossil fuel used.

The increase in world and domestic prices for grains and vegetable oils is strong, especially toward 2006. On the contrary, protein meal prices decrease because of the increased supply of animal feed and meal as by-products of the ethanol and vegetable oil production. For livestock producers, the decline in meal prices compensates, to a certain extent, the increase in grain prices. Also, the large impact that increased bio-diesel production has on vegetable oil demand increases the need for oilseeds with a high vegetable oil content and has a very positive impact on the Canadian canola processing industry.

The analysis shows that a bio-fuel program of the magnitude described for all OECD countries would be beneficial to Canadian agriculture and would eliminate most of the problems related to farm income. In the sixth year (2004), net cash income would be two billion (Canadian) dollars greater.

Introduction

Given the relatively low grain and oilseed prices faced by Canadian producers, there is considerable interest in stimulating prices by either reducing supplies or increasing demand. This analysis provides some insight into the potential impact on grain and oilseed prices of a significant increase in demand.

At the same time, there is interest in and increased use of bio-fuels. They are helping OECD governments to achieve some of their environmental goals and obligations because they are renewable and they produce fewer greenhouse gas emissions than petroleum products.[1] The analysis attempts to estimate the price impact of increasing the demand for bio-fuels (ethanol and bio-diesel) in OECD countries. Ultimately an increase in OECD bio-fuel usage has a direct impact on the demand for grains and oilseeds which are important feed-stocks in bio-fuel production. Although bio-fuels can be produced from various feed-stocks, this analysis considers only ethanol from corn or wheat and bio-diesel from vegetable oils.

The focus of this analysis is to study the impact of the increased use of bio-fuels in the OECD transportation sector.[2] In particular, the analysis attempts to quantify the impact on grain and oilseed commodity prices. Over the period (1999 through 2006), we incrementally increased the bio-fuel share of fuel used by one percent each year.

The analysis presumes the increase in renewable fuel use and estimates the impacts of such use on agricultural commodity markets and farm income. The analysis does not consider factors which will or could bring about this increase. Such factors might include financial incentives, regulatory requirements as a result of government policy, or changes in market conditions which might lead fuel producers to use more renewable fuels.

The document has seven sections: introduction, background, scenario development, results, conclusions, bibliography and appendix.

---

1. Seecharan et al. 2001.
2. Further references regarding the fuel use will always be for the OECD countries' transportation sectors.

Background

Average consumption of gasoline and diesel by OECD countries from 1996 to 1999 was 900 million tonnes. The United States accounted for the largest share (51 percent) followed by the European Union (26 percent) (Figure 1). However, there are considerable differences between the countries in their use of gasoline versus diesel. In the United States and Canada, gasoline accounted for 77 percent and 72 percent of the total fuel used, respectively. In the European Union and Japan, gasoline accounted for only 48 percent and 57 percent, respectively.

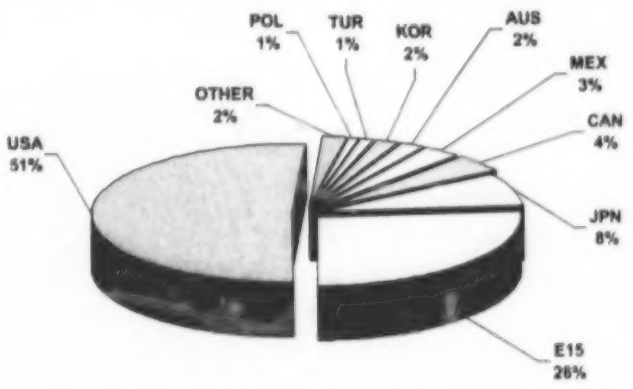


Figure 1: Shares of Gasoline and Diesel Use in the Transportation Sector, OECD Countries, Average, 1996-1999

While the development and introduction of bio-fuels is taking place in many OECD countries, the United States, the European Union and Canada are at the forefront. They have the highest levels of processing capacity using corn, wheat and rapeseed feed-stocks. In 1999, based on preliminary numbers, production of ethanol in the United States (using yellow corn) amounted to 5.8 billion litres or 4.5 million tonnes. In the European Union, 0.4 billion litres (0.3 million tonnes) of ethanol were produced from sugar beets and wheat and 0.7 billion litres (0.5 million tonnes) of bio-diesel were produced from rapeseed, sunflower and spent vegetable oils. In Canada, 0.2 billion litres of ethanol were produced (0.18 million tonnes) from wheat and corn. The production of bio-diesel in Canada and the United States is small and therefore not considered in this analysis.

In producing bio-fuels from corn, wheat and rapeseed or sunflower seed, the conversion process results in significant quantities of by-products which find their way into the feed

ingredient market. In the United States, there are two types of corn milling processes to produce ethanol – wet and dry. The wet milling process accounts for 75 percent. Assuming a feed-stock of yellow corn at 9 percent protein, the wet milling process will produce 30 percent ethanol, 3 percent corn oil, 5 percent gluten meal (at 60 percent protein) and 21 percent gluten feed (at 21 percent protein). The dry milling process accounts for 25 percent and will produce 31 percent ethanol and 30 percent distiller dried grains (DDG) (at 27 percent protein) when feed-stock used is yellow corn at 9 percent protein.

In Canada, the dry milling process produces ethanol from either corn or wheat feed-stocks. When soft wheat at 11.5 percent protein is used, it produces 29 percent ethanol and 37 percent DDG (at 27 percent protein). In the European Union, bio-diesel production from rapeseed or sunflower seed is soft-seed crushing, yielding about 40 percent vegetable oil and 60 percent meal. The vegetable oil is transformed into bio-diesel and the meal goes into the protein meal market. For bio-diesel production, 90 percent can be produced from vegetable oil with the addition of 10 percent methanol.[3]

3. A by-product of petroleum production.

Scenario Development

In using AGLINK[4] to undertake the analysis, there are two important limitations—the partial nature of AGLINK and its limited coverage of the energy sector. We needed to project the gasoline and diesel use. Projections of GDP growth through 2006 for each of the OECD countries in the AGKINK model were used to extrapolate fuel consumption level for gasoline and diesel (Figure 2)[5]. Since the scenario implies an increase of the bio-fuel share annually by one percent of combined OECD gasoline and diesel fuel use, it was necessary to determine the starting point of the respective share for each country in 1999 because this level of use was already accounted for in the baseline. For all

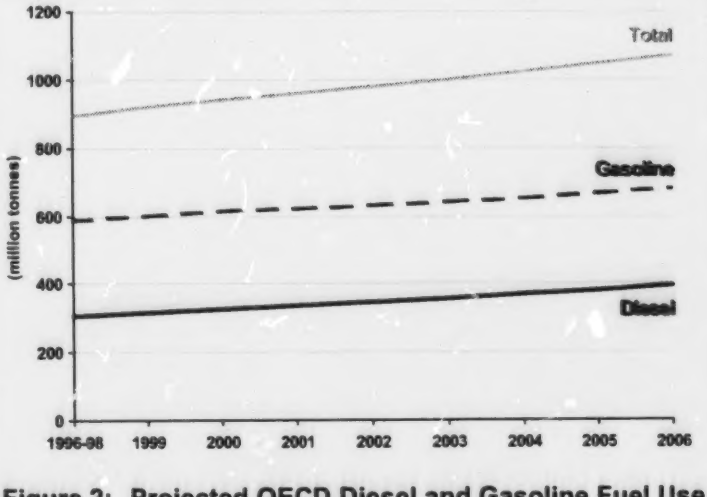


Figure 2: Projected OECD Diesel and Gasoline Fuel Use (for the transportation sector)

4. AGLINK is a multi-commodity multi-country policy-specific dynamic model of the international agricultural markets built by the OECD with member countries. Because of its partial nature, AGLINK cannot capture the decline in fossil oil prices and on cost of production that would emerge from a massive bio-fuel program. This would have a positive impact on world production of grains and oilseeds. However, because sugar is also not included, AGLINK cannot capture the decreasing use of land for grain production in the European Union resulting from the higher price of sugar (since sugar is the favourite feed-stocks to produce ethanol in the EU). This could have a negative impact on world production of grains and oilseeds. We do not know if these two factors will cancel out. For that reason, the results of this analysis should be used with these limitations in mind.
5. Growth in fuel consumption was adjusted down in the most advanced economies as growth in fuel consumption in recent years has been slower than growth in the overall economy.

the OECD countries, except the United States, Canada and the European Union, this percentage was effectively very close to zero.

For the United States and Canada, ethanol accounted for 1.00 percent and 0.44 percent, respectively, of the fuel used by the transportation sector. For the European Union, combined ethanol and bio-diesel production totalled 0.35 percent. In the first year of the analysis, it was assumed that all countries increased their bio-fuel production to a level equal to one percent of the level of gasoline and diesel used by their transportation sector. With the exception of the United States, Canada and the European Union, all the other OECD countries increased bio-fuel production from zero to one percent of the transportation sector's fuel requirement. Since the United States had already achieved the one percent level, no additional bio-fuel production was required in 1999. However for Canada and the European Union, bio-fuel production was increased to reach the one percent target. After all the countries reached the one percent level in 1999, bio-fuel production is assumed to account for an additional one percent of transportation fuel (gasoline and diesel) consumption each year.

Although AGLINK does not explicitly specify the demand for grains and vegetable oils from the bio-fuel sector, the impact of this scenario on the major grain and oilseed covered by AGLINK can be indirectly examined. There are two key increases at work in this scenario which had to be indirectly incorporated into AGLINK. The first is a positive direct increase in the demand for grains (wheat and corn) and vegetable oil (indirectly rapeseed, sunflower seed, soybeans) that is the result of increased ethanol and bio-diesel production. The second is the increased supply shift that occurs in the feed ingredient market where additional by-products from ethanol and bio-diesel production now have to be absorbed by the livestock sector.

To produce the scenario, a number of assumptions had to be made. The general rule followed for those countries with limited or no bio-fuel production (i.e. all OECD countries except the United States, Canada and the European Union) was to assume that ethanol and bio-diesel production would be expanded at rates that would account for incremental percentages of the individual country's gasoline and diesel requirements. Thus in 1999, each country would have bio-fuel production that accounted for one percent of the total amount of gasoline and diesel consumed by their respective transportation sectors. For the feed-stocks to produce ethanol, it was assumed that a country would use either wheat or coarse grain (likely corn) depending on the historic availability (through production or imports) of these crops.[6] To produce bio-diesel, it was assumed that the country did not differentiate and simply increased overall domestic vegetable oil usage.

In this analysis, we assume that the United States and Canada meet their bio-fuel commitments solely by producing ethanol, due to the limited development of bio-diesel and the more heavily weighted share that gasoline represents as a proportion of fuel usage. In the European Union, we assume that the more heavily weighted bio-diesel share is maintained which results in larger bio-diesel production than ethanol. For the particular feed-stocks used, based on recent historical trends, we assume that the United States continues to use corn predominantly in ethanol production while Canada uses 80 percent corn and 20 percent wheat. In the European Union, ethanol production comes from sugar beets and wheat (about 70 percent and 30 percent, respectively). We assume that this share is maintained and

6. Based on historical crop availability we assume that ethanol production from wheat occurs in Australia, Czechoslovakia, Poland, Switzerland and Turkey and from corn in Hungary, Japan, Korea, Mexico, New Zealand and Norway.

consequently only 30 percent of the increased ethanol production translates into increased grain demand. If we had assumed that all new ethanol production came from wheat, the impact on prices would have been greater. With regard to bio-diesel, we assumed the larger production in the European Union translates directly into an increase in vegetable oil demand.

As mentioned in Section 2, the impact that increased bio-fuel production has on the livestock feed ingredient market is somewhat varied depending on the method of processing and the feed-stock. Although AGLINK does not capture all the ingredients that result from ethanol production, the increased supply of these feed ingredients can be implicitly captured by reducing the demand for corn, wheat and protein meal.[7] We assume that all countries use or will use the dry milling process, with the exception of the United States which uses both the wet and the dry milling process. We assume that the dry milling process, to produce ethanol from either corn or wheat, will result in feed ingredients that would be effectively equivalent on a weight basis to a feed ration composed of 56 percent soybean meal (41% protein) and 44 percent corn (9% protein) or 53 percent soybean meal and 47 percent soft wheat (11% protein) when corn or wheat feed-stocks are used respectively.[8]

Using the methodology described above, the appropriate adjustments were made to AGLINK to simulate the impact of the bio-fuel scenario on average grain and oilseed prices.

7. The analysis implicitly assumes that the price of the ethanol feed by-product will always remain competitive with other feed ingredients and relates to the initial assumption that bio-fuel production remains economically viable or is imposed by governments through regulation.
8. United States' production of ethanol from the wet milling process yields a higher protein feed ingredient. As such, we assume that it could be replaced by a feed ration composed of 61 percent soybean meal and 39 percent corn. An additional output of the process is corn oil which has been subtracted from the total United States vegetable oil consumption.

Results

Prior to discussing the results from the bio-fuel scenario, it is important to reiterate the key assumption underlying this analysis. On an annual basis, we incrementally increase bio-fuel production in each OECD country such that it represents one, two, . . . , eight percent of total gasoline and diesel fuel requirements by the transportation sector in 1999, 2000, . . . , 2006. This methodology is used over eight years for both ethanol and bio-diesel production. Thus, by the end, all OECD countries have expanded their bio-fuel production to a level that represents eight percent of the total gasoline and diesel requirements of their respective transportation sectors. Since shocks are introduced every year of the analysis, the results observed in the final year (2006) cannot be thought of as a sustainable long-term market equilibrium. In fact, considerable adjustments are taking place in the simulation scenario[9] and would continue after the final shock in 2006 until markets arrive at a more stable long-term equilibrium.

The impact of the scenario on major commodity prices is illustrated in Figure 3.[10] It is apparent that the general effect on world price of the scenario is more favourable for major grains (wheat and corn) than for soybeans. The average price impact observed in the final three years of the scenario are 22 percent for wheat, 45 percent for corn, 12 percent for soybeans, -33 percent for protein meal and 66 percent for vegetable oils. The additional ethanol production creates a significant expansion in wheat and corn demand and ultimately results in much higher average prices. Although this is partially off-set by the additional by-product feed ingredients that now enter the livestock market, the net impact on prices is positive.

9. For example, in the final year (2006), the world production levels of wheat and coarse grains are respectively 2.3 and 10.8 percent higher than in the baseline.
10. The percentages on the Y-axis represent the percentage impact relative to the baseline.

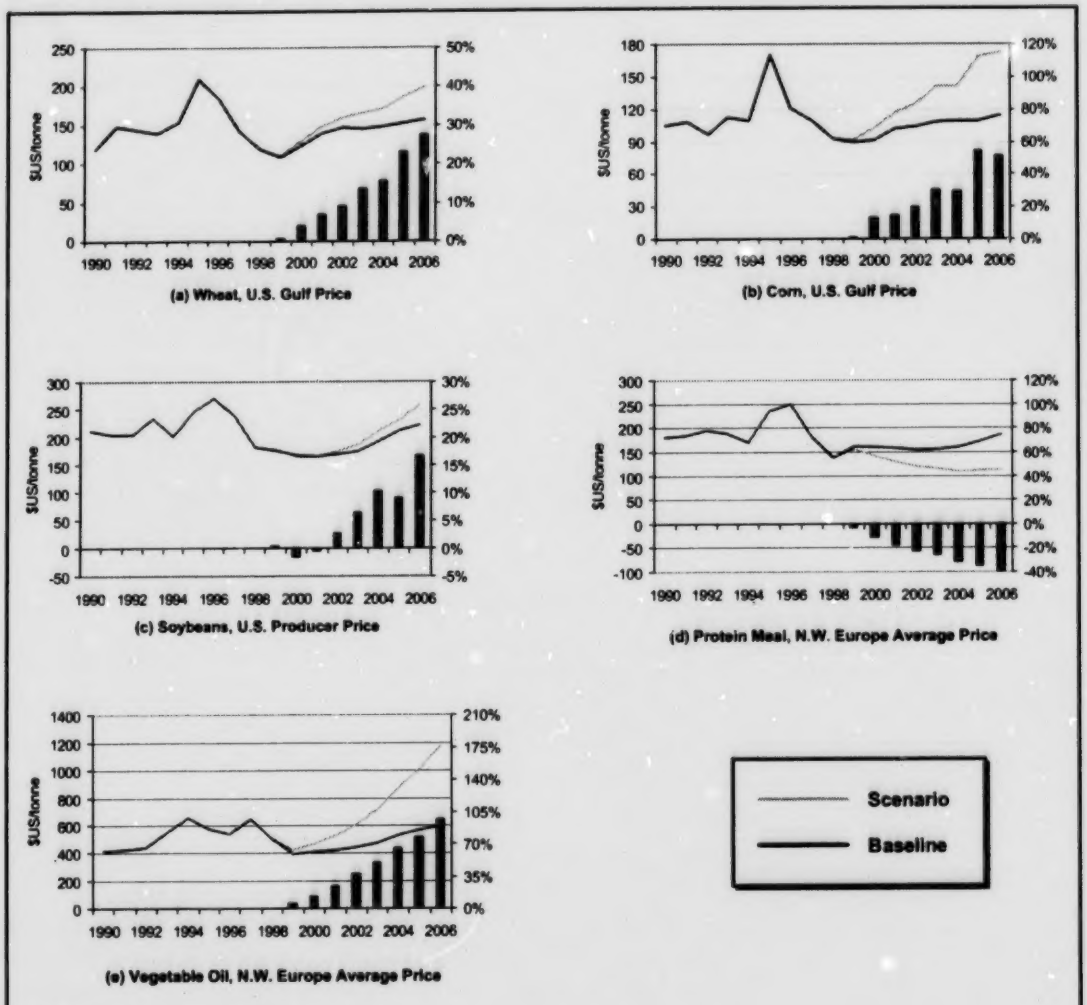


Figure 3: Scenario Price Impact

For oilseeds, the general effect is mixed. Protein meal prices decrease because of the increased supply of semi-processed feed by-products (DDG from the ethanol industry) and oilseed meal (from increased bio-diesel production). The additional demand for vegetable oil that results from increased bio-diesel production increases vegetable oil prices. The impact on oilseed prices is a complex one. Since the major by-product of soybean production is protein meal, the lower prices reduce the soybean demand. However, the large increase in vegetable oil prices partially off-sets the lower protein prices. Additionally, the strong increase in wheat and coarse grain prices ultimately reduces the land available for soybean production which reduces the soybean supply and increases prices.[11] As more and more protein meal (or protein meal substitutes) come on the market every year of the scenario, the soybean crushing industry is adversely affected. The higher vegetable oil prices cannot off-

set the impact of higher soybean prices and lower meal prices and ultimately the crushing margins decline dramatically (Figure 4).

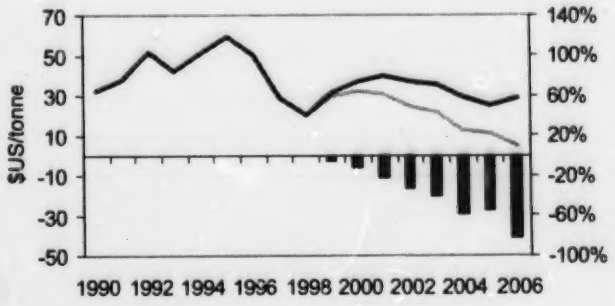


Figure 4: Impact of the Bio-fuel Scenario on the United States Soybean Crushing Margin

In addition to the soybean crushing industry being negatively affected by the bio-fuel program, there is a negative impact felt by the livestock sector. Although some of the key feed ingredient prices fell dramatically (i.e. protein meal), there was a significant increase in feed grain costs. Over the period of analysis, the United States feed cost index for example is six percent higher than the baseline level (12 percent higher in the last three years) which obviously has a negative impact on livestock production.

In Canada, the impact of the bio-fuel program is somewhat different. In Western Canada, the predominant oilseed grown is canola which has a high vegetable oil content. Since on a weight basis, vegetable oil represents about 40 percent[12] of the canola seed versus 18 percent in soybeans, the rapid increase in vegetable oil prices under the scenario more than off-sets the negative protein meal effect. We see average prices increase over the final three years of the scenario of 31 percent for wheat, 38 percent for corn, 44 percent for canola and 13 percent for soybeans. The area allocation is modified by these movements in prices, the canola and corn area increase on average 7 percent and 2 percent, respectively, while the wheat and soybean area decline 3 percent and 4 percent, respectively. The increased domestic use of grains in ethanol production translates into average reductions of wheat and coarse grain net exports of -6 percent and -73 percent, respectively over the period of analysis.

Unlike the soybean crushing industry, canola crushing margins improve significantly due to the high vegetable oil prices. The average canola crushing margin over the 1999 to 2006 period is 36 percent higher than the baseline level. Although canola processing expands with the improved crushing margins, the increase in canola production leads to increased net exports of 6.5 percent on average. For the livestock industry in Canada which is highly dependent on feed grains, the impact of the bio-fuel program is more pronounced than it is in the United States. The feed cost index for Canada over the period of analysis increases 12 percent on average (21 percent in the last three years).[13] Combined beef, pork and poultry production declines 1.3 percent on average (-2.4 percent in the last three years).

As expected, diverting this amount of grain to the production of bio-fuels would have a significant and positive impact on farm income. With the staged implementation of the

11. Normally the reduction in soybean demand caused by a reduced crush margin would result in a decline in soybean prices. However in this case, the pressure put on the land base by competing crops (e.g. wheat and corn) results in a reduction of soybean supply larger than the decline in demand resulting from the declining crush margin. This explains why the price of soybean under this scenario is higher than in the baseline.
12. On a value basis, vegetable oil represented 70 percent of the total value of the oilseeds on average from 1995 to 2000 in the case of canola and only 30 percent in the case of soybeans.

diversion of grain to bio-fuel production, farm income increases gradually, with an improvement in net cash income of $121 million in the first year (1999) but growing to $2,165 million in the sixth year (2004).

13. The feed cost index in AGLINK is a general measure of the price of feed and it is not specific to a feed ration for a certain type of animal. Canada's relatively larger increase in feed costs (when compared to the United States) is linked to its relatively larger share of livestock production accounted for by ruminants versus non-ruminants. As grain occupies a more important share in the ruminant diet (versus protein meal) the significant increase in grain prices directly translates into higher Canadian feed costs. Conversely in the United States, protein meal makes up a larger share because of the larger share of non-ruminant in the overall livestock sector. Thus, a large drop in protein meal prices in the United States acts to a greater extent to off-set higher feed grain prices.

Conclusions

With this analysis we have identified the potential impact on grain and oilseed prices of a major bio-fuel program initiated by OECD member countries from 1999 to 2006. By incrementally raising bio-fuel production each year by one percent of the level of fossil fuel used by the transportation sector, we created a new demand for grains and vegetable oils. By 2006, total bio-fuel production corresponds to eight percent of the fossil fuel used. Although we did not attempt to determine the cost of introducing the bio-fuel program, such a program would have a dramatic impact on feed-stock prices which would ultimately reduce the overall profitability of the bio-fuel industry.

The increase in world and domestic prices for grains and vegetable oils is strong especially toward 2006. Protein meal prices, on the contrary, decline because of the increased supply of animal feed and meal as by-products of ethanol and vegetable oil production. For livestock producers, the decline in meal prices compensates to a certain extent the increase in grain prices. Also, the large impact of increased bio-diesel production on vegetable oil demand favourably increases those oilseeds with high vegetable oil content and in Canada, increases the canola processing industry. This analysis shows that a bio-fuel program of that magnitude by all OECD countries would be very beneficial to Canadian agriculture as a whole and would eliminate most problems related to low farm income. For example, in the sixth year of the analysis (2004), net cash income would be two billion (Canadian) dollars more.

In the longer term, technological innovation is likely to make the production of ethanol from biomass more economical than from grains or vegetable oils. However, the impact on world prices of cereals and oilseeds would still likely be significant because the world supply of food would be lower, since land formerly used to produce food crops would be diverted to biomass crops used for ethanol production. The final impact would depend on how much ethanol would be produced on land currently used for grain production as opposed to land currently devoted to other uses such as forest products. Further research should address two questions. What would be the share of the biomass crop versus forest products in the production of ethanol? How much would the world supply of crops for food be reduced?

Bibliography

Centre for Mineral and Energy Technology. "Report of the ethanol feed-stock meeting." Ottawa: Energy, Mines and Resources Canada, April 1992.

Economic Research Service. "Ethanol and agriculture: Effect of increased production on crop and livestock sectors." Washington: USDA, May 1993.

EurObserver. "Bio-fuels barometer." Brussels: European Commission, 1999.

McClelland, John. "Market factors affecting fuel ethanol production." Washington: USDA/ ERS Feed Yearbook, March 1997.

Organisation for Economic Co-operation and Development. "Information note on the use and potential of biomass energy in OECD countries." Paris: OECD, November 2000.

Rural Business Cooperative Service. "Cooperatives and new uses for agricultural products." Washington: USDA, September 1997.

Seecharan Randolph, Ravinderpal Gill, Surendra Kulshreshta, Bruce Junkins, and Oliver Buffler. "The expanded use of bio-fuels: Economic and greenhouse gas emissions–related implications for the agricultural sector." Unpublished but presented at the "International Global Warming Conference," Cambridge, UK, 2001.

Appendix

Table 1: Combined Gasoline and Diesel Used by the Transportation Sectors of OECD Countries

	Fuel Use (million metric tonnes)			Gasoline/Diesel Share (average %, 1999–2006)	
	Avg 1996-1998	1999	2006 f	Gasoline	Diesel
Australia	19.2	19.7	21.5	65.4	34.6
Canada	37.4	39.5	47.2	69.4	30.6
Czech. Republic	3.2	3.4	4.1	57.7	42.3
European Union	235.4	239.9	274.9	45.2	54.8
Hungary	2.5	2.7	3.7	48.7	51.3
Iceland	0.2	0.2	0.2	76.8	23.2
Japan	70.9	72.4	86.1	58.8	41.2
Korea	19.1	17.4	28.7	44.9	55.1
Mexico	30.2	30.6	32.3	71.2	28.8
New Zealand	3.3	3.5	4.5	58.2	41.8
Norway	3.7	3.9	4.6	40.1	59.9
Poland	8.1	8.3	12.2	62.8	37.2
Switzerland	4.4	4.9	5.7	81.7	18.3
Turkey	9.6	9.0	9.8	49.3	50.7
United States	445.4	464.7	536.2	75.7	24.3
Total OECD*	893.0	920.1	1071.9	64.4	35.6

Historical Source: Oil Information 2000, International Energy Agency, Paris.

Note: f is forecast by AAFC.
* Slovakia excluded.

Table 2: Additional Bio-fuel Production, OECD

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Bio-fuel % of OECD Transport Sector Fuel Usage	1	2	3	4	5	6	7	8
Increase in Bio-fuel Production and Feed-stock Usage (million tonnes)								
Ethanol Production*	2.0	9.5	17.2	25.2	33.6	42.5	51.7	61.4
Corn Oil	0.0	0.4	0.7	1.1	1.5	1.9	2.4	2.8
Wheat Feed-stock	1.9	4.4	6.9	9.6	12.4	15.3	18.4	21.6
Corn Feed-stock	3.2	22.8	43.1	64.1	86.3	109.6	134.1	159.8
Bio-diesel Production*	1.6	3.7	5.9	8.2	10.6	13.0	15.6	18.3
Veg. Oil Feed-stock	1.4	3.3	5.3	7.4	9.5	11.7	14.1	16.5
Total Bio-fuel	3.6	13.2	23.1	33.4	44.2	55.5	67.3	79.7
Total Feed-stock	6.6	30.1	54.6	80.0	106.7	134.8	164.2	195.0
Amount of Livestock Feed Displaced by Increased By-product Production (million tonnes)								
Protein Meal	0.9	4.6	8.3	12.3	16.4	20.8	25.3	30.1
Wheat	0.3	0.8	1.2	1.7	2.2	2.7	3.2	3.8
Corn	0.4	2.7	5.0	7.4	9.9	12.6	15.3	18.3
Total By-product	1.6	8.1	14.5	21.4	28.5	36.1	43.8	52.2

* Note that ethanol and bio-diesel production will not represent exactly 1% of gasoline and 1% of diesel use in OECD countries. This is partially due to Canada and the United States meeting their commitments solely by producing ethanol and the European Union meeting its commitment through relatively higher levels of bio-diesel production. In addition, we assume that the 10% methanol (petroleum based) component required to produce bio-diesel is accounted for by an equivalent amount of increased ethanol production.

Table 3: Additional Bio-fuel Production, United States

	1999	2000	2001	2003	2003	2004	2005	2006
Bio-fuel % of USA Transport Sector Fuel Usage	1	2	3	4	5	6	7	8
Increase in Bio-fuel Production and Feed-stock Usage (million tonnes)								
Ethanol Production	0.0	4.7	9.6	14.7	20.0	25.6	31.4	37.5
Corn Oil	0.0	0.4	0.7	1.1	1.5	1.9	2.4	2.8
Wheat Feed-stock	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Corn Feed-stock	0.0	15.7	31.9	48.5	66.0	84.6	103.9	124.1
Bio-diesel Production	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Veg. Oil Feed-stock	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total Bio-fuel	0.0	4.7	9.6	14.7	20.0	25.6	31.4	37.5
Total Feed-stock	0.0	15.3	31.2	47.4	64.6	82.6	101.5	121.3
Amount of Livestock Feed Displaced by Increased By-product Production (million tonnes)								
Protein Meal	0.0	2.5	5.1	7.8	10.6	13.6	16.7	20.0
Wheat	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Corn	0.0	1.7	3.5	5.3	7.2	9.2	11.3	13.5
Total By-product	0.0	4.2	8.6	13.1	17.8	22.9	28.1	33.5

Table 4: Additional Bio-fuel Production, Canada

	1999	2000	2001	2003	2003	2004	2005	2006
Bio-fuel % of Canada Transport Sector Fuel Usage	1	2	3	4	5	6	7	8
Increase in Bio-fuel Production and Feed-stock Usage (million tonnes)								
Ethanol Production	0.2	0.6	1.1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.6
Corn Oil	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Wheat Feed-stock	0.2	0.4	0.8	1.1	1.4	1.8	2.1	2.5
Corn Feed-stock	0.6	1.6	2.8	3.9	5.2	6.5	7.8	9.2
Bio-diesel Production	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Veg. Oil Feed-stock	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total Bio-fuel	0.2	0.6	1.1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.6
Total Feed-stock	0.7	2.1	3.5	5.0	6.6	8.2	9.9	11.7
Amount of Livestock Feed Displaced by Increased By-product Production (million tonnes)								
Protein Meal	0.1	0.4	0.6	0.9	1.2	1.4	1.7	2.1
Wheat	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4
Corn	0.1	0.2	0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.2
Total By-product	0.2	0.7	1.1	1.6	2.1	2.6	3.1	3.7

Table 5: Additional Bio-fuel Production, European Union

	1999	2000	2001	2003	2003	2004	2005	2006
Bio-fuel % of EU15 Transport Sector Fuel Usage	1	2	3	4	5	6	7	8
Increase in Bio-fuel Production and Feed-stock Usage (million tonnes)								
Ethanol Production	0.7	1.8	2.9	4.1	5.3	6.6	7.9	9.3
Corn Oil	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Wheat Feed-stock	0.7	1.9	3.1	4.3	5.6	6.9	8.3	9.7
Corn Feed-stock	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bio-diesel Production	0.9	2.3	3.7	5.2	6.8	8.4	10.1	11.8
Veg. Oil Feed-stock	0.8	2.0	3.3	4.7	6.1	7.6	9.1	10.6
Total Bio-fuel	1.6	4.1	6.6	9.3	12.1	15.0	18.0	21.1
Total Feed-stock	1.5	3.9	6.4	9.0	11.7	14.5	17.4	20.3
Amount of Livestock Feed Displaced by Increased By-product Production (million tonnes)								
Protein Meal	0.1	0.4	0.6	0.9	1.1	1.4	1.6	1.9
Wheat	0.1	0.3	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7
Corn	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total By-product	0.2	0.7	1.1	1.7	2.1	2.6	3.1	3.6

Table 6: Additional Bio-fuel Production, Other OECD Countries

	1999	2000	2001	2003	2003	2004	2005	2006
Bio-fuel % of Other OECD Countries Transport Sector Fuel Usage	1	2	3	4	5	6	7	8
Increase in Bio-fuel Production and Feed-stock Usage (million tonnes)								
Ethanol Production	1.1	2.3	3.6	4.9	6.3	7.8	9.4	11.1
Corn Oil	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Wheat Feed-stock	1.1	2.0	3.1	4.2	5.4	6.6	7.9	9.3
Corn Feed-stock	2.7	5.5	8.5	11.6	15.0	18.6	22.4	26.4
Bio-diesel Production	0.7	1.4	2.2	2.9	3.8	4.7	5.6	6.5
Veg. Oil Feed-stock	0.6	1.3	1.9	2.7	3.4	4.2	5.0	5.9
Total Bio-fuel	1.8	3.7	5.8	7.8	10.1	12.5	15.0	17.6
Total Feed-stock	4.4	8.8	13.5	18.5	23.8	29.4	35.3	41.6
Amount of Livestock Feed Displaced by Increased By-product Production (million tonnes)								
Protein Meal	0.6	1.3	2.0	2.7	3.5	4.3	5.2	6.1
Wheat	0.2	0.4	0.5	0.7	0.9	1.2	1.4	1.6
Corn	0.4	0.7	1.1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
Total By-product	1.2	2.4	3.6	4.9	6.4	8.0	9.6	11.2

Agriculture et Agroalimentaire Canada
Agriculture and Agri-Food Canada

Analyse économique d'un important programme de production de biocarburants mis en oeuvre dans les pays de l'OCDE

Canada

ANALYSE ÉCONOMIQUE D'UN IMPORTANT PROGRAMME DE PRODUCTION DE BIOCARBURANTS MIS EN OEUVRE DANS LES PAYS DE L'OCDE

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Janvier 2002

ANALYSE ÉCONOMIQUE D'UN IMPORTANT PROGRAMME DE PRODUCTION DE BIOCARBURANTS MIS EN OEUVRE DANS LES PAYS DE L'OCDE

Janvier 2002

Direction de la recherche et de l'analyse
Direction générale des politiques stratégiques
Agriculture et Agroalimentaire Canada

Tout point de vue exprimé, qu'il soit énoncé clairement, sous-entendu ou interprété à partir du contenu de la présente publication, ne réflète pas nécessairement la politique d'Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Pour se procurer des exemplaires supplémentaires, on peut s'adresser à la :

Section de la transmission des connaissances
Direction de la recherche et de l'analyse
Direction générale des politiques stratégiques
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Édifice 74, F.E.C.
Ottawa (Ontario)
K1A 0C6
Téléphone : (613) 759-1865
Télécopieur : (613) 759-7090
Courrier électronique : ippdist@em.agr.ca

Vous pouvez obtenir une version électronique des publications produits par la Direction de la recherche et de l'analyse sur Internet à : www.agr.ca/policy/epad

Publication 2105/B
ISBN 0-662-66254-7
Catalogue A22-240/2001
Projet 01-133-r

Also available in English under the title:
AN ECONOMIC ANALYSIS OF A MAJOR BIO-FUEL PROGRAM UNDERTAKEN BY OECD COUNTRIES

Table des matières

Résumé v

Introduction 1

Renseignements généraux 3

Description du scénario 5

Résultats 9

Conclusions 13

Bibliographie 15

Liste des graphiques

Graphique 1 : Parts de la consomation d'essence et de diesel dans le secteur des transports, pays de l'OCDE, moyenne, 1996-1999 3

Graphique 2 : Projection de la consommation d'essence et de diesel, pays de l'OCDE (secteur des transports) 5

Graphique 3 : Effet sur les prix 10

Graphique 4 : Effet du scénario d'accroissement de la production de biocarburants sur la marge des entreprises de broyage de soja aux États-Unis 11

Annexe

Tableau 1 : Consommation globale d'essence et de diesel dans les secteurs des transports, pays de l'OCDE A-1

Tableau 2 : Accroissement de la production de biocarburants, OCDE A-2

Tableau 3 : Accroissement de la production de biocarburants, États-Unis A-2

Tableau 4 : Accroissement de la production de biocarburants, Canada A-3

Tableau 5 : Accroissement de la production de biocarburants, Union européenne A-3

Tableau 6 : Accroissement de la production de biocarburants, autres pays de l'OCDE A-4

Résumé

Les prix des denrées agricoles, exprimés en termes réels, fléchissent depuis des décennies. Un des facteurs concourant à ce fléchissement a été le remplacement des denrées agricoles par des produits non agricoles pour de nombreux usages non alimentaires. S'il était possible d'étendre l'utilisation des ressources agricoles à des fins économiques grâce aux recherches en sciences de la vie, le fléchissement des prix réels pourrait, en principe, être enrayé. À l'heure actuelle, les biocarburants (éthanol et biodiesel) offrent la meilleure possibilité d'engendrer une demande de produits et/ou de terres agricoles qui soit suffisamment grande pour influer sur les prix mondiaux. Toutefois, le Canada n'est qu'un pays parmi d'autres sur les marchés mondiaux des produits de base. La présente analyse montre que, pour que la production de biocarburants aient un impact important sur les prix des céréales et des oléagineux, il faut d'autres participants, à savoir d'autres grands pays ayant une importante population et offrant la possibilité d'une forte demande.

L'analyse a donc pour objectif de quantifier l'incidence que peut avoir sur les prix des céréales et des oléagineux un vaste programme de production de biocarburants mis en oeuvre dans les pays de l'OCDE et devant se dérouler durant la période de 1999 à 2006. L'accroissement annuel de la production de biocarburants, d'un volume correspondant à un pour cent additionnel à chaque année de la consommation de carburants fossiles dans le secteur des transports, engendre une nouvelle demande de grains et d'huiles végétales. En 2006, la dernière année du programme, la production totale de biocarburants correspond à huit pour cent de la consommation de carburants fossiles.

Les prix mondiaux et intérieurs des grains et des huiles végétales affichent une forte croissance, surtout vers la fin de la période (2006). En revanche, les prix des tourteaux s'affaiblissent en raison de l'offre accrue d'ingrédients et de tourteaux composant les aliments pour animaux et résultant de la production d'éthanol et d'huiles végétales. Pour l'éleveur, la baisse des prix des tourteaux concourt à compenser, dans une certaine mesure, la hausse des prix des grains. En outre, l'accroissement de la production de biodiesel fait croître la demande d'huiles végétales qui hausse, à son tour, la demande d'oléagineux à forte teneur en huile végétale, ce qui est très favorable pour l'industrie canadienne de la transformation du colza-canola.

L'analyse révèle que la mise en oeuvre d'un programme de production de biocarburants de l'envergure décrite, dans tous les pays de l'OCDE, serait avantageuse pour l'agriculture canadienne et qu'elle permettrait d'éliminer la plupart des problèmes associés au revenu agricole. Au cours de la sixième année, en 2004, le revenu net en espèces aurait progressé de deux milliards de dollars canadiens.

Introduction

Étant donné la faiblesse relative des prix qu'obtiennent les producteurs canadiens pour les céréales et les oléagineux, les mesures servant à faire croître ces prix, par une baisse de l'offre ou par un accroissement de la demande, suscitent un intérêt considérable. La présente analyse donne une indication de ce que pourrait être l'incidence d'une forte augmentation de la demande sur les prix des céréales et des oléagineux.

Parallèlement, les biocarburants, qui suscitent un intérêt, sont utilisés de plus en plus. Ils aident des pays membres de l'OCDE à atteindre leurs objectifs et à s'acquitter de leurs obligations à l'égard de la protection de l'environnement, parce qu'ils sont renouvelables et que leurs émissions de gaz à effet de serre sont plus faibles que celles des produits pétroliers[1]. Dans l'analyse, nous tentons d'estimer l'effet sur les prix d'un accroissement de la demande de biocarburants (éthanol et biodiesel) dans les pays de l'OCDE. En définitive, l'utilisation accrue de biocarburants dans les pays de l'OCDE influe directement sur la demande de céréales et d'oléagineux qui sont d'importantes matières premières entrant dans la production de biocarburants. Bien que les biocarburants puissent être fabriqués à partir de diverses matières premières, dans cette analyse, il est question seulement de l'éthanol produit à partir du maïs ou du blé et du biodiesel provenant d'huiles végétales.

Cette analyse a pour objet d'étudier les effets d'une plus grande utilisation de biocarburants dans le secteur des transports des pays de l'OCDE[2]. Elle vise en particulier à quantifier les effets sur les prix des céréales et des oléagineux. Durant la période visée (1999-2006), nous avons accru de un pour cent par année la part de la consommation de carburants qu'occupent les biocarburants.

Dans l'analyse, l'hypothèse d'une plus grande utilisation de carburants renouvelables est émise afin d'estimer les effets de cette consommation accrue sur les marchés des produits agricoles de base ainsi que sur le revenu agricole. Il n'est pas tenu compte des facteurs qui occasionnent ou peuvent occasionner l'augmentation en question, par exemple : incitations financières, exigences réglementaires attribuables à une politique gouvernementale ou

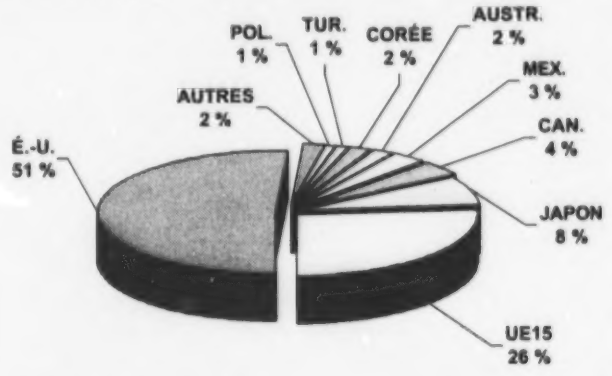
1. Seecharan et coll., 2001.
2. Dans cette analyse, l'utilisation ou la consommation de carburants dont il sera question sera toujours celle des secteurs des transports des pays de l'OCDE.

changements dans les conditions du marché pouvant inciter les producteurs de carburants à utiliser davantage des carburants renouvelables.

Le document comprend sept sections : introduction, renseignements généraux, description du scénario, résultats, conclusions, bibliographie et annexe.

Renseignements généraux

Entre 1996 et 1999, la consommation moyenne d'essence et de diesel dans les pays de l'OCDE s'est élevée à 900 millions de tonnes. La plus grande part a été enregistrée par les États-Unis (51 %), suivie de l'Union européenne (26 %) (graphique 1). Cependant, il existe d'énormes différences entre les pays sur le plan de la consommation d'essence et de diesel. Aux États-Unis et au Canada, l'essence représentait 77 % et 72 % respectivement de la consommation totale de carburants. Dans l'Union européenne et au Japon, la part de l'essence atteignait seulement 48 % et 57 %, respectivement.



Graphique 1 : Parts de la consommation d'essence et de diesel dans le secteur des transports, pays de l'OCDE, moyenne, 1996-1999

De nombreux pays de l'OCDE mettent au point et introduisent des biocarburants, mais les États-Unis, l'Union européenne et le Canada sont les chefs de file. Ils possèdent les plus grandes capacités de transformation du maïs, du blé et du colza. D'après des statistiques préliminaires, la production américaine d'éthanol, à partir de maïs jaune, s'est élevée à 5,8 milliards de litres ou à 4,5 millions de tonnes en 1999. Dans l'Union européenne, 0,4 milliard de litres (0,3 million de tonnes) d'éthanol ont été produits à partir de la betterave à sucre et du blé, et 0,7 milliard de litres (0,5 million de tonnes) de biodiesel ont été produits à partir d'huiles de colza et de tournesol et d'huiles végétales usées. Le Canada a produit 0,2 milliard de litres (0,18 million de tonnes) d'éthanol à partir de blé et de maïs. Comme le Canada et les États-Unis produisent peu de biodiesel, leur production n'est pas retenue dans l'analyse.

Le procédé de fabrication de biocarburants à partir de maïs, de blé, de colza ou de graines de tournesol produit de grandes quantités de sous-produits qui se retrouvent sur le marché des

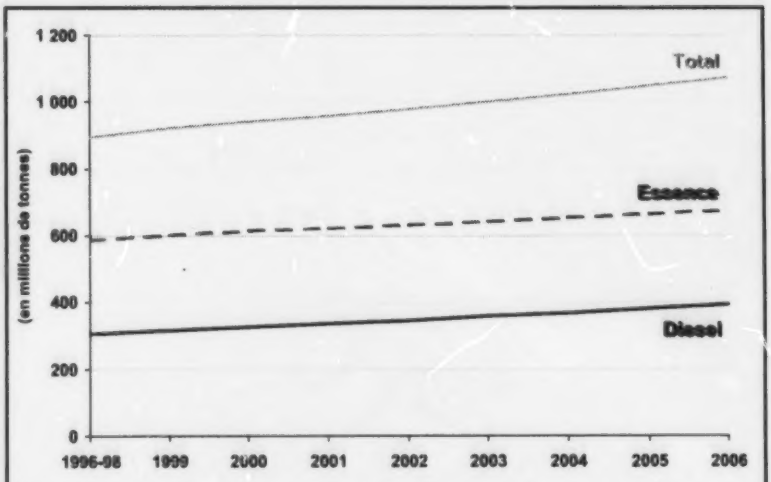
ingrédients pour l'alimentation des animaux. Aux États-Unis, il existe deux procédés de production d'éthanol : le broyage humide et le broyage à sec. Soixante-quinze pour cent de l'éthanol est produit par le procédé de broyage humide. À partir de maïs jaune ayant une teneur en protéines de 9 %, le broyage humide produira 30 % d'éthanol, 3 % d'huile de maïs, 5 % de farine de gluten (ayant une teneur en protéines de 60 %) et 21 % de gros gluten de maïs ou de drêche de maïs (ayant une teneur en protéines de 21 %). À partir de ce même maïs, le procédé de broyage à sec, représentant 25 % de la production d'éthanol, produira 31 % d'éthanol et 30 % de drêche sèche de distillerie (ayant une teneur en protéines de 27 %).

Au Canada, l'éthanol est produit par broyage à sec de maïs ou de blé. Lorsque la matière première est du blé tendre ayant une teneur en protéines de 11,5 %, le procédé produit 29 % d'éthanol et 37 % de drêche sèche de distillerie (ayant une teneur en protéines de 27 %). Dans l'Union européenne, le biodiesel est produit à partir de colza ou de tournesol par broyage de graines tendres qui donne environ 40 % d'huile végétale et 60 % de tourteau. L'huile végétale est transformée en biodiesel et le tourteau est acheminée vers le marché des farines protéiques. Le bio-diesel est produit par la combinaison de 90 % d'huile végétale et de 10 % de méthanol[3].

3. Un sous-produit de la production de pétrole.

Description du scénario

Pour effectuer l'analyse, nous avons utilisé le modèle AGLINK[4], qui présente cependant deux faiblesses importantes : il s'agit d'un modèle d'équilibre partiel et il accorde une place limitée au secteur de l'énergie. Il nous fallait faire des projections de la consommation d'essence et de diesel. Nous avons utilisé des projections de la croissance du PIB de chacun des pays de l'OCDE jusqu'en 2006, disponible dans le modèle AGLINK pour extrapoler la consommation d'essence et de diesel (figure 2)[5]. Comme le scénario suppose que la part des biocarburants augmentera chaque année de un pour cent de la consommation globale d'essence et de diesel dans les pays de l'OCDE, il a été nécessaire de déterminer la part



Graphique 2 : Projection de la consommation d'essence et de diesel, pays de l'OCDE (secteur des transports)

4. AGLINK est un modèle dynamique des marchés agricoles internationaux intégrant de multiples produits de base et de multiples pays avec leur politique spécifique, qui a été mis au point par l'OCDE, de concert avec les pays membres. En raison de sa nature incomplète, le modèle AGLINK ne permet pas de tenir compte de l'effet de baisse des prix du pétrole et des coûts de production qui résulterait de la mise en oeuvre d'un vaste programme de production de biocarburants, ce qui aurait une incidence favorable sur la production mondiale de céréales et d'oléagineux. Cependant, comme le modèle n'inclut pas le sucre, AGLINK ne permet pas de tenir compte de la décroissance des superficies de culture des grains dans l'Union européenne, en conséquence du prix plus élevé du sucre (qui est la matière première privilégiée en UE pour la production d'éthanol). Ceci pourrait avoir une incidence défavorable sur la production mondiale de céréales et d'oléagineux. Nous ne savons pas si ces deux facteurs s'annuleront. Pour cette raison, il est conseillé de garder ces faiblesses à l'esprit dans l'interprétation des résultats de cette analyse.

initiale dans chaque pays en 1999, parce que ce niveau de consommation était déjà inclus dans le niveau de référence. Dans tous les pays de l'OCDE, sauf les États-Unis, le Canada et ceux de l'Union européenne, le pourcentage était effectivement très près de zéro.

Aux États-Unis et au Canada, l'éthanol représente 1,00 % et 0,44 %, respectivement, des carburants consommés dans le secteur des transports. Dans l'Union européenne, la production combinée d'éthanol et de biodiesel a totalisé 0,35 %. Il a été supposé qu'au cours de la première année de la période visée par l'analyse, tous les pays ont accru leur production de biocarburants en la portant à un niveau égal à un pour cent de la consommation d'essence et de diesel dans le secteur des transports de chacun. Sauf pour les États-Unis, le Canada et les pays de l'Union européenne, tous les autres pays de l'OCDE ont accru leur production de biocarburants de zéro à un pour cent de la consommation de carburants dans leur secteur des transports. Comme la proportion de un pour cent était déjà atteinte aux États-Unis, aucun accroissement de la production de biocarburants n'a été nécessaire en 1999. Toutefois, il a fallu porter à un pour cent la part des biocarburants au Canada et dans les pays de l'Union européenne. Après avoir porté la part de chaque pays à un pour cent en 1999, il est supposé que la production de biocarburants de chacun s'accroît chaque année dans une proportion de un pour cent de la consommation de carburants (essence et diesel) dans le secteur des transports.

Bien que le modèle AGLINK ne permette pas de définir explicitement la demande de céréales et d'huiles végétales par le secteur des biocarburants, il est possible d'analyser indirectement l'effet du scénario sur les principales céréales et les principaux oléagineux inclus dans ce modèle. Le scénario comporte deux importants accroissements qu'il a fallu intégrer indirectement dans le modèle AGLINK. Le premier est l'accroissement direct et favorable de la demande de céréales (blé et maïs) et d'huiles végétales (indirectement, le colza, les graines de tournesol et le soja) qui résulte de la production accrue d'éthanol et de biodiesel. Le second est l'offre accrue d'ingrédients sur le marché des aliments pour animaux qui provient des sous-produits engendrés par la production accrue d'éthanol et de biodiesel et qui doit maintenant être absorbée par le secteur de l'élevage.

Ce scénario repose sur un certain nombre d'hypothèses. Pour les pays produisant peu ou ne produisant pas de biocarburants (tous les pays de l'OCDE à l'exception des États-Unis, du Canada et des pays de l'Union européenne), il a été supposé que la production d'éthanol et de biodiesel augmenterait à un taux représentant un pourcentage croissant des besoins en essence et en diesel de chacun. Partant, en 1999, la production de biocarburants dans chaque pays représenterait un pour cent de la consommation totale d'essence et de diesel dans son secteur des transports. Dans le cas des matières premières servant à produire de l'éthanol, il a été supposé que chaque pays utiliserait du blé ou une céréale secondaire (comme le maïs), selon l'approvisionnement (production ou importations) de ces cultures ayant existé dans le passé[6]. En ce qui concerne la production de biodiesel, il a été supposé qu'il n'y avait pas de divergence entre les pays quant à l'huile utilisée et que chacun a accru sa consommation intérieure globale d'huile végétale.

5. La croissance de la consommation de carburants a été corrigée à la baisse dans les économies les plus développées, puisqu'au cours des dernières années, cette croissance a été plus lente que celle de l'économie dans son ensemble.
6. D'après l'offre de ces cultures enregistrée dans le passé, nous supposons que l'éthanol est produit à partir du blé en Australie, en République tchèque, en Pologne, en Suisse et en Turquie, et à partir du maïs en Hongrie, au Japon, en Corée, au Mexique, en Nouvelle-Zélande et en Norvège.

Dans l'analyse, nous avons supposé que les États-Unis et le Canada atteignent leur objectif en produisant uniquement de l'éthanol, en raison de leur peu d'avancement dans la production de biodiesel et de la part prépondérante de l'essence dans la consommation de carburants. Dans le cas de l'Union européenne, nous avons supposé que la part nettement plus importante occupée par le biodiesel était maintenue, si bien que la production de biodiesel est plus importante que ne l'est celle de l'éthanol. Quant aux différentes matières premières utilisées, suivant les récentes habitudes antérieures, nous avons supposé que l'éthanol est produit principalement à partir de maïs aux États-Unis et à partir de maïs (80 % de la production) et de blé (20 %) au Canada. Dans l'Union européenne, l'éthanol est produit à partir de betteraves à sucre (environ 70 % de la production) et de blé (environ 30 %). Nous supposons que cette part est maintenue et, par conséquent, que 30 % seulement de la production accru d'éthanol se traduit par une plus forte demande de céréales. Si nous avions supposé que la totalité de la production accrue d'éthanol provenait du blé, il en aurait résulté un effet plus marqué sur les prix. En ce qui concerne la biodiesel, nous avons supposé que la plus importante production enregistrée dans l'Union européenne provoquait directement une hausse de la demande d'huile végétale.

Comme nous l'avons signalé à la section 2, l'incidence de l'accroissement de la production de biocarburants sur le marché des ingrédients pour l'alimentation des animaux peut varier suivant la méthode de transformation et la matière première utilisée. Bien que le modèle AGLINK ne permette pas de tenir compte de tous les ingrédients résultant de la production d'éthanol, il est possible de rendre compte implicitement de l'accroissement de l'offre d'ingrédients pour l'alimentation animale en réduisant la demande de maïs, de blé et de farine protéique[7]. Nous supposons que tous les pays utilisent ou utiliseront le procédé de broyage à sec, sauf les États-Unis qui utilisent tant le broyage humide que le broyage à sec. Nous supposons que la production d'éthanol par broyage à sec de maïs ou de blé fournira des ingrédients pour l'alimentation animale qui correspondraient, sur le plan du poids, à une ration composée de 56 % de tourteau de soja (ayant une teneur en protéines de 41 %) et de 44 % de maïs (ayant une teneur en protéines de 9 %) si le maïs est la matière première, ou de 53 % de tourteau de soja et de 47 % de blé tendre (ayant une teneur en protéines de 11 %) si la matière première est le blé[8].

À l'aide de la méthode décrite ci-dessus, le modèle AGLINK a été ajusté en conséquence pour simuler l'effet du scénario de production de biocarburants sur les prix moyens des céréales et des oléagineux.

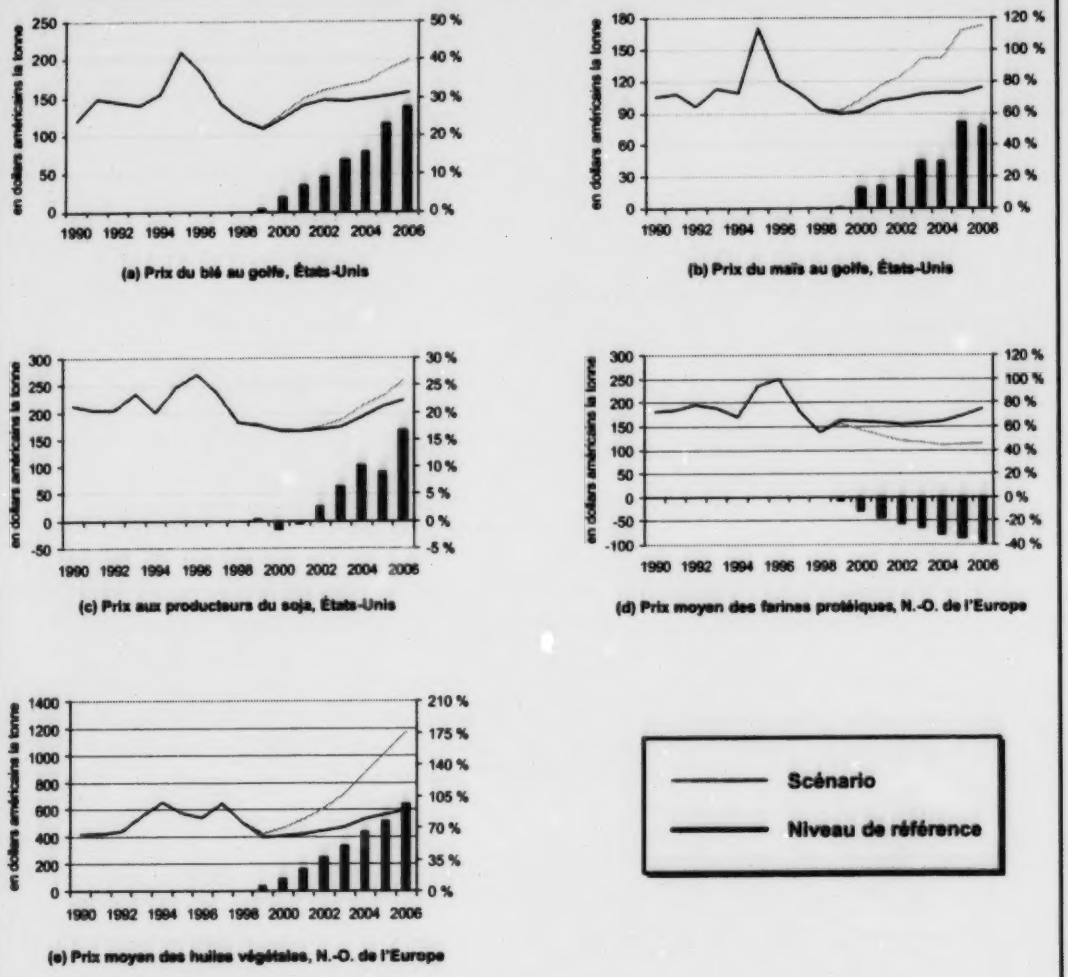
7. Dans l'analyse, il est implicitement supposé que le prix des aliments pour animaux résultant de la production d'éthanol se comparera toujours favorablement à celui des autres ingrédients pour l'alimentation animale, et cela tient de l'hypothèse de départ suivant laquelle la production de biocarburants reste économiquement viable ou est imposée par le gouvernement par voie d'un règlement.
8. Le procédé de broyage humide utilisé aux États-Unis pour fabriquer de l'éthanol produit des ingrédients à plus forte teneur en protéines. Partant, nous supposons que ces ingrédients correspondraient à une ration composée de 61 % de tourteau de soja et de 39 % de maïs. Le procédé fournit en outre de l'huile de maïs qui a été soustraite de la consommation américaine globale d'huile végétale.

Résultats

Avant de traiter des résultats du scénario de production de biocarburants, il importe de rappeler les principales hypothèses qui sous-tendent l'analyse. Nous avons supposé un accroissement annuel de la production de biocarburants de chaque pays de l'OCDE de manière à ce que les biocarburants représentent un, deux, ..., huit pour cent de la consommation globale d'essence et de diesel dans les secteurs des transports, pour les années 1999, 2000, ..., 2006. Cette méthode a été appliquée pour huit années à la production aussi bien d'éthanol que de biodiesel. Par conséquent, à la fin de la période, chaque pays de l'OCDE a accru sa production de biocarburants de telle sorte qu'elle représente huit pour cent de la consommation globale d'essence et de diesel dans son propre secteur des transports. Comme des changements sont introduits chaque année, les résultats observés pour la dernière année (2006) ne représentent pas un équilibre de marché pouvant être maintenu à long terme. En fait, les conditions de marché s'ajustent dans le cadre de cette simulation[9] et continueront de s'ajuster après la dernière année de la période d'analyse, soit 2006, jusqu'à ce que les marchés parviennent à un équilibre à long terme plus stable.

Le graphique 3 illustre l'effet du scénario sur les prix des principaux produits de base[10]. Il ressort clairement que le scénario a un effet général plus favorable sur le prix mondial des principales céréales (blé et maïs) que sur celui du soja. L'impact moyen sur les prix observé pour les trois dernières années du scénario est de +22 % pour le blé, de +45 % pour le maïs, de +12 % pour le soja, de -33 % pour les farines protéiques et de +66 % pour les huiles végétales. L'accroissement de la production d'éthanol occasionne une importante hausse de la demande de blé et de maïs qui se traduit par des prix moyens beaucoup plus élevés. L'effet est compensé en partie par l'augmentation de la production d'ingrédients composant les aliments pour animaux qui entrent ensuite sur le marché de l'élevage, mais l'effet net sur les prix est positif.

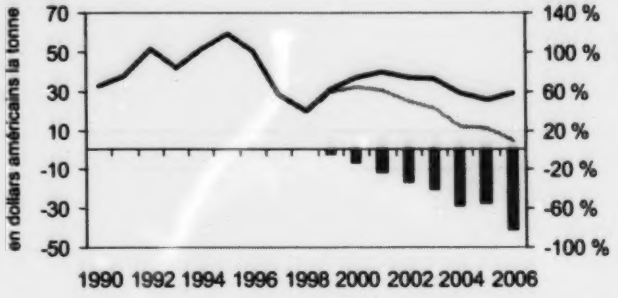
9. Par exemple, en 2006, la dernière année, la production mondiale de blé et celle des céréales secondaires atteignent respectivement 2,3 % et 10,8 % de plus que le niveau du scénario de référence.
10. Les pourcentages indiqués sur l'axe des Y représentent la variation en pourcentage par rapport au niveau de référence.



Graphique 3 : Effet du scénario sur les prix

De façon générale, le scénario a un effet mixte sur les prix des oléagineux. Les prix des farines protéiques diminuent en conséquence de l'offre accrue de sous-produits semi-tranformés pouvant servir à l'alimentation animale (drêche sèche de distillerie provenant de la fabrication d'éthanol) ainsi que de tourteaux d'oléagineux (provenant de la production accrue de biodiesel). La plus grande production de biodiesel fait croître la demande d'huiles végétales et provoque une augmentation des prix. L'effet sur les prix des oléagineux est plus complexe. Comme le tourteau est le principal sous-produit du soja, l'affaiblissement des prix fait diminuer la demande de soja. Toutefois, la forte hausse des prix des huiles végétales compense en partie la baisse des prix des farines protéiques. De plus, la forte augmentation des prix du blé et des céréales secondaires mène enfin à une diminution des superficies affectées à la production de soja, ce qui entraîne une baisse de l'offre de soja et une hausse des prix[11]. L'augmentation de l'offre de farines protéiques (ou de produits de remplacement) que le marché doit absorber chaque année du scénario a une incidence défavorable sur

l'industrie du broyage du soja. La hausse des prix des huiles végétales ne peut compenser la hausse des prix du soja et la baisse des prix du tourteau, ce qui donne lieu à une chute marquée de la marge de trituration (graphique 4).



Graphique 4 : Effet du scénario d'accroissement de la production de biocarburants sur la marge des entreprises de broyage de soja aux États-Unis

Le programme de production de biocarburants a une incidence défavorable non seulement sur l'industrie du broyage de soja, mais aussi sur le secteur de l'élevage. Même si les prix de certains des principaux ingrédients de l'alimentation animale (comme les farines protéiques) affichent une baisse marquée, le coût des céréales fourragères connaît une forte hausse. Durant la période visée par l'analyse, par exemple, l'indice des coûts des aliments pour animaux aux États-Unis atteint six pour cent de plus que le niveau du scénario de référence (12 % de plus durant les trois dernières années) ce qui a évidemment des répercussions défavorables sur l'élevage.

Au Canada, la mise en place d'un programme de production de biocarburants a un effet quelque peu différent. Dans l'Ouest canadien, la principale culture oléagineuse est le colza-canola dont la teneur en huile végétale est très élevée. Étant donné que, sur le plan du poids, l'huile végétale représente environ 40 %[12] de la graine de colza-canola contre 18 % de la graine de soja, la brusque hausse des prix des huiles végétales dans ce scénario compense amplement la baisse des prix des tourteaux. Les prix moyens augmentent au cours des trois dernières années de la période visée par le scénario, de 31 % pour le blé, de 38 % pour le maïs, de 44 % pour le colza-canola et de 13 % pour le soja. Ces variations des prix influent sur les superficies affectées aux différentes cultures, lesquelles augmentent en moyenne de 7 % pour le colza-canola et de 2 % pour le maïs et diminuent de 3 % pour le blé et de 4 % pour le soja. L'accroissement de la consommation intérieure de céréales pour produire de l'éthanol se traduit par une réduction moyenne des exportations nettes de 6 % pour le blé et de 73 % pour les céréales secondaires, durant la période visée par l'analyse.

Les marges des entreprises de broyage du colza-canola, contrairement à celles des broyeurs de soja, affichent une nette amélioration en conséquence de l'accroissement des prix des huiles végétales. Entre 1999 et 2006, la marge moyenne des entreprises de broyage du colza-canola passe à 36 % de plus que le niveau du scénario de référence. L'augmentation des marges de trituration stimule la transformation du colza-canola, mais la plus forte hausse de la production colza-canola fait croître les exportations nettes de 6,5 % en moyenne. Le

11. Le fléchissement de la demande de soja résultant de la diminution de la marge de trituration devrait normalement occasionner une baisse des prix du soja. Ici, toutefois, en raison de la concurrence pour les superficies qu'exercent d'autres cultures (par exemple, le blé et le maïs), la baisse de l'offre de soja est plus grande que la baisse de la demande. C'est ce qui explique pourquoi, dans ce scénario, le prix du soja est plus élevé que le niveau du scénario de référence.
12. Sur le plan de la valeur, l'huile végétale représente en moyenne 70 % de la valeur totale du colza-canola et 30 % seulement de celle du soja, entre 1995 et 2000.

programme de production de biocarburants a un effet plus marqué sur l'industrie de l'élevage au Canada - fortement tributaire des céréales fourragères - qu'il n'en a aux États-Unis. Au cours de la période visée par l'analyse, l'indice du coût des aliments pour animaux enregistre une hausse moyenne de 12 % (21 % durant les trois dernières années)[13]. La production globale de boeuf, de porc et de volaille fléchit de 1,3 % en moyenne (-2,4 % durant les trois dernières années).

Comme prévu, la réorientation d'une telle quantité de céréales et oléagineux vers la production de biocarburants a une incidence marquée et positive sur le revenu agricole. Le revenu agricole augmente progressivement, à mesure que les céréales et les oléagineux sont détournés vers la production de biocarburants; à la fin de la première année (1999), le revenu net en espèces augmente de 121 millions de dollars par rapport au scénario de référence et progresse de 2 165 millions de dollars au cours de la sixième année (2004).

13. Dans le modèle AGLINK, l'indice des coûts des aliments pour animaux est une mesure générale des prix des aliments pour animaux et non pas d'une ration donnée pour un type d'animal donné. La hausse relativement plus forte des coûts des aliments pour animaux qui est enregistrée au Canada, comparativement aux États-Unis, découle du fait que les ruminants constituent une part relativement plus importante des animaux d'élevage que les non-ruminants. Comme l'alimentation des ruminants est composée en plus grande partie de céréales (que de farines protéiques), la hausse marquée des prix des céréales se traduit directement par une hausse des coûts des aliments pour animaux au Canada. Aux États-Unis, la farine protéique occupe une plus grande part de l'alimentation en raison de la plus forte proportion de non-ruminants dans l'ensemble du secteur de l'élevage. Ainsi, aux États-Unis, la chute des prix des farines protéiques permet de compenser dans une large mesure la hausse des prix des céréales fourragères.

Conclusions

Cette analyse a servi à dégager l'effet, sur les prix des céréales et des oléagineux, d'un vaste programme de production de biocarburants mis sur pied par les pays de l'OCDE entre 1999 et 2006. L'accroissement de la production de biocarburants chaque année, d'un niveau correspondant à un pour cent de la consommation de carburants fossiles dans le secteur des transports, crée une nouvelle demande de céréales et d'huiles végétales. En 2006, la production totale de biocarburants est portée à un niveau correspondant à huit pour cent de la consommation de carburants fossiles. Nous n'avons pas tenté de déterminer le coût de la mise sur pied du programme de production de biocarburants, mais ce dernier aurait une incidence très prononcée sur les prix des matières premières, ce qui finirait par abaisser la rentabilité globale de l'industrie des biocarburants.

Les prix mondiaux et intérieurs des céréales et des huiles végétales affichent une forte croissance, surtout vers la fin de la période, en 2006. En revanche, les prix des farines protéiques s'affaiblissent en raison de l'offre accrue d'ingrédients et de tourteaux composant les aliments pour animaux et résultant de la production d'éthanol et d'huiles végétales. Pour l'éleveur, la baisse des prix des tourteaux concourt à compenser, dans une certaine mesure, la hausse des prix des céréales. En outre, l'accroissement de la production de biodiesel fait croître la demande d'huiles végétales qui hausse, à son tour, la demande d'oléagineux à forte teneur en huile végétale, ce qui est très favorable pour l'industrie canadienne de la transformation du colza-canola. Cette analyse montre que la mise en oeuvre d'un programme de production de biocarburants d'une telle envergure dans tous les pays de l'OCDE serait très avantageuse pour l'agriculture canadienne dans son ensemble et qu'elle permettrait d'éliminer la plupart des problèmes associés au faible revenu agricole. Par exemple, au cours de la sixième année, en 2004, le revenu net en espèces serait deux milliards de dollars canadiens supérieurs.

À plus long terme, les progrès technologiques rendront vraisemblablement la production d'éthanol à partir de la biomasse plus économique que la production à partir de céréales ou d'huiles végétales. Cependant, l'effet sur les prix mondiaux des céréales et des oléagineux serait également très marqué, parce que l'offre mondiale d'aliments serait plus faible en raison du fait que les terres précédemment affectées à des cultures pour l'alimentation seraient réaffectées à des cultures de biomasse pour la production d'éthanol. L'ultime effet

dépendra de la quantité d'éthanol produit à partir des récoltes provenant de terres actuellement affectées à la culture de céréales et oléagineux par rapport à celle produite à partir de récoltes provenant de superficies affectées à d'autres fins, comme les forêts. La recherche devrait tenter de répondre à deux questions : quelle part de la production d'éthanol serait attribuable à des cultures de biomasse et quelle part à des produits forestiers? De combien diminuerait l'offre mondiale de cultures à des fins alimentaires?

Bibliographie

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie. *Report of the Ethanol Feed-stock Meeting*, Ottawa, Énergie, Mines et Ressources Canada, avril 1992.

Economic Research Service. *Ethanol and Agriculture: Effect of Increased Production on Crop and Livestock Sectors*, Washington, USDA, mai 1993.

Commission européenne. « Le baromètre des biocarburants », EurObserv'ER, Bruxelles, 1999.

McClelland, John. « Market Factors Affecting Fuel Ethanol Production ». USDA/ERS *Feed Yearbook*, Washington, mars 1997.

Organisation de coopération et de développement économiques. *Information Note on the Use and Potential of Biomass Energy in OECD Countries*, Paris, OCDE, novembre 2000.

Rural Business Cooperative Service. *Cooperatives and New Uses for Agricultural Products*, Washington, USDA, septembre1997.

Seecharan Randolph, Ravinderpal Gill, Surendra Kulshreshta, Bruce Junkins et Oliver Buffler. « The expanded use of bio-fuels: Economic and greenhouse gas emissions–related implications for the agricultural sector », exposé non publié présenté à la Conférence internationale sur le réchauffement de la planète, tenue à Cambridge, au Royaume-Uni, en 2001.

Annexe

Tableau 1 : Consommation globale d'essence et de diesel dans les secteurs des transports, pays de l'OCDE

	Consommation de carburant (en millions de tonnes métriques)			Part essence/diesel (moyenne en %, 1999–2006)	
	Moyenne 1996-1998	1999	2006[p]	Essence	Diesel
Australie	19,2	19,7	21,5	65,4	34,6
Canada	37,4	39,5	47,2	69,4	30,6
République tchèque	3,2	3,4	4,1	57,7	42,3
Union européenne	235,4	239,9	274,9	45,2	54,8
Hongrie	2,5	2,7	3,7	48,7	51,3
Islande	0,2	0,2	0,2	76,8	23,2
Japon	70,9	72,4	86,1	58,8	41,2
Corée	19,1	17,4	28,7	44,9	55,1
Mexique	30,2	30,6	32,3	71,2	28,8
Nouvelle-Zélande	3,3	3,5	4,5	58,2	41,8
Norvège	3,7	3,9	4,6	40,1	59,9
Pologne	8,1	8,3	12,2	62,8	37,2
Suisse	4,4	4,9	5,7	81,7	18,3
Turquie	9,6	9,0	9,8	49,3	50,7
États-Unis	445,4	464,7	536,2	75,7	24,3
Total, OCDE*	893,0	920,1	1071,9	64,4	35,6

Source : Données sur le pétrole 2000, Agence internationale de l'énergie, Paris.

Nota : [p] prévisions de AAC.
* excluant la Slovaquie.

Tableau 2 : Accroissement de la production de biocarburants, OCDE

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Biocarburants en % de la consommation de carburants dans les secteurs des transports, pays de l'OCDE	1	2	3	4	5	6	7	8
Accroissement de la production de biocarburants et de l'utilisation de matières premières (en millions de tonnes)								
Production d'éthanol*	2,0	9,5	17,2	25,2	33,6	42,5	51,7	61,4
Huile de maïs	0,0	0,4	0,7	1,1	1,5	1,9	2,4	2,8
Blé	1,9	4,4	6,9	9,6	12,4	15,3	18,4	21,6
Maïs	3,2	22,8	43,1	64,1	86,3	109,6	134,1	159,8
Production de biodiesel*	1,6	3,7	5,9	8,2	10,6	13,0	15,6	18,3
Huile végétale	1,4	3,3	5,3	7,4	9,5	11,7	14,1	16,5
Total, biocarburants	3,6	13,2	23,1	33,4	44,2	55,5	67,3	79,7
Total, matières premières	6,6	30,1	54,6	80,0	106,7	134,8	164,2	195,0
Quantité d'aliments pour animaux déplacée par l'accroissement de la production de sous-produits (en millions de tonnes)								
Farine protéique	0,9	4,6	8,3	12,3	16,4	20,8	25,3	30,1
Blé	0,3	0,8	1,2	1,7	2,2	2,7	3,2	3,8
Maïs	0,4	2,7	5,0	7,4	9,9	12,6	15,3	18,3
Total, sous-produits	1,6	8,1	14,5	21,4	28,5	36,1	43,8	52,2

* À noter que la production d'éthanol et de biodiesel ne correspondra pas exactement à 1 % de la consommation d'essence et à 1 % de la consommation de diesel dans les pays de l'OCDE. Cela tient au fait que le Canada et les États-Unis produisent uniquement de l'éthanol, tandis que l'Union européenne produit plus de biodiesel. En outre, nous supposons que le méthanol (10 %), provenant du pétrole, qui est nécessaire pour produire du biodiesel est compensé par un accroissement équivalent de la production d'éthanol.

Tableau 3 : Accroissement de la production de biocarburants, États-Unis

	1999	2000	2001	2003	2003	2004	2005	2006
Biocarburants en % de la consommation de carburants dans le secteur des transports aux États-Unis	1	2	3	4	5	6	7	8
Accroissement de la production de biocarburants et de l'utilisation de matières premières (en millions de tonnes)								
Production d'éthanol	0,0	4,7	9,6	14,7	20,0	25,6	31,4	37,5
Huile de maïs	0,0	0,4	0,7	1,1	1,5	1,9	2,4	2,8
Blé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maïs	0,0	15,7	31,9	48,5	66,0	84,6	103,9	124,1
Production de biodiesel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Huile végétale	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total, biocarburants	0,0	4,7	9,6	14,7	20,0	25,6	31,4	37,5
Total, matières premières	0,0	15,3	31,2	47,4	64,6	82,6	101,5	121,3
Quantité d'aliments pour animaux déplacée par l'accroissement de la production de sous-produits (en millions de tonnes)								
Farine protéique	0,0	2,5	5,1	7,8	10,6	13,6	16,7	20,0
Blé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maïs	0,0	1,7	3,5	5,3	7,2	9,2	11,3	13,5
Total, sous-produits	0,0	4,2	8,6	13,1	17,8	22,9	28,1	33,5

Tableau 4 : Accroissement de la production de biocarburants, Canada

	1999	2000	2001	2003	2003	2004	2005	2006
Biocarburants en % de la consommation de carburants dans le secteur des transports au Canada	1	2	3	4	5	6	7	8
Accroissement de la production de biocarburants et de l'utilisation de matières premières (en millions de tonnes)								
Production d'éthanol	0,2	0,6	1,1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,6
Huile de maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Blé	0,2	0,4	0,8	1,1	1,4	1,8	2,1	2,5
Maïs	0,6	1,6	2,8	3,9	5,2	6,5	7,8	9,2
Production de biodiesel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Huile végétale	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total, biocarburants	0,2	0,6	1,1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,6
Total, matières premières	0,7	2,1	3,5	5,0	6,6	8,2	9,9	11,7
Quantité d'aliments pour animaux déplacée par l'accroissement de la production de sous-produits (en millions de tonnes)								
Farine protéique	0,1	0,4	0,6	0,9	1,2	1,4	1,7	2,1
Blé	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
Maïs	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2
Total, sous-produits	0,2	0,7	1,1	1,6	2,1	2,6	3,1	3,7

Tableau 5 : Accroissement de la production de biocarburants, Union européenne

	1999	2000	2001	2003	2003	2004	2005	2006
Biocarburants en % de la consommation de carburants dans le secteur des transports de l'UE15	1	2	3	4	5	6	7	8
Accroissement de la production de biocarburants et de l'utilisation de matières premières (en millions de tonnes)								
Production d'éthanol	0,7	1,8	2,9	4,1	5,3	6,6	7,9	9,3
Huile de maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Blé	0,7	1,9	3,1	4,3	5,6	6,9	8,3	9,7
Maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Production de biodiesel	0,9	2,3	3,7	5,2	6,8	8,4	10,1	11,8
Huile végétale	0,8	2,0	3,3	4,7	6,1	7,6	9,1	10,6
Total, biocarburants	1,6	4,1	6,6	9,3	12,1	15,0	18,0	21,1
Total, matières premières	1,5	3,9	6,4	9,0	11,7	14,5	17,4	20,3
Quantité d'aliments pour animaux déplacée par l'accroissement de la production de sous-produits (en millions de tonnes)								
Farine protéique	0,1	0,4	0,6	0,9	1,1	1,4	1,6	1,9
Blé	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7
Maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total, sous-produits	0,2	0,7	1,1	1,7	2,1	2,6	3,1	3,6

Tableau 6 : Accroissement de la production de biocarburants, autres pays de l'OCDE

	1999	2000	2001	2003	2003	2004	2005	2006
Biocarburants en % de la consommation de carburants dans le secteur des transports des autres pays de l'OCDE	1	2	3	4	5	6	7	8
Accroissement de la production de biocarburants et de l'utilisation de matières premières (en millions de tonnes)								
Production d'éthanol	1,1	2,3	3,6	4,9	6,3	7,8	9,4	11,1
Huile de maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Blé	1,1	2,0	3,1	4,2	5,4	6,6	7,9	9,3
Maïs	2,7	5,5	8,5	11,6	15,0	18,6	22,4	26,4
Production de biodiesel	0,7	1,4	2,2	2,9	3,8	4,7	5,6	6,5
Huile végétale	0,6	1,3	1,9	2,7	3,4	4,2	5,0	5,9
Total, biocarburants	1,8	3,7	5,8	7,8	10,1	12,5	15,0	17,6
Total, matières premières	4,4	8,8	13,5	18,5	23,8	29,4	35,3	41,6
Quantité d'aliments pour animaux déplacée par l'accroissement de la production de sous-produits (en millions de tonnes)								
Farine protéique	0,6	1,3	2,0	2,7	3,5	4,3	5,2	6,1
Blé	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,2	1,4	1,6
Maïs	0,4	0,7	1,1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Total, sous-produits	1,2	2,4	3,6	4,9	6,4	8,0	9,6	11,2